

## H30地域協働研究（ステージⅠ）

## H30- I -14 「そしゃく（噛む力）センサーの開発と自転車競技指導への応用」

課題提案者：岩手県立紫波総合高等学校、株式会社テークィアールマニファクチャリングジャパン

研究代表者：ソフトウェア情報学部 佐藤永欣

研究チーム員：猿舘貢（岩手県立紫波総合高等学校）、佐々木毅（株式会社テークィアールマニファクチャリングジャパン）

## &lt;要旨&gt;

本研究ではスポーツなどの場面でも使用できるそしゃく力センサの開発をおこなった。自転車競技に限らず、スポーツでは踏ん張る際に歯をかみしめる力（咬合力、咀嚼力）が重要とされている。実際に、紫波総合高校自転車競技部において、齲歯の治療を行った選手が大幅なタイム向上をはたしたことから、運動中に使用できる咬合力センサを開発し、自転車トレーニングシステムへの組み込みを目指す。自転車トレーニングシステムは各種車載センサ・カメラ等を用いて走行中の選手の状態をコーチが細かく把握することを実現するシステムであり、紫波総合高校自転車競技部の選手の国体での優勝やアジア選手権入賞といった成績につながった。

## 1 研究の概要

岩手県紫波町では1970年の岩手国体の際に1周333.3mの自転車競技トラックが建設され、現在でもプロの競輪選手が本拠地とするなど自転車競技が盛んである。紫波町の自転車競技場を練習場所の一つとする紫波総合高校自転車競技部は、国体入賞やプロの競輪選手を輩出するなど、岩手県内でも強豪であるが、全国的にも強豪の一つである。同部の依頼により、2015年ごろから自転車トレーニングシステムの開発を実施している。

同部の選手が齲歯の治療を行ったところ大幅なタイム向上が見られたため、スポーツ界では以前より言われていたことであるが、上半身に限らず脚であっても踏ん張る際には歯を十分に噛みしめられることが重要であることが改めて確認された。

運動中に使用できる定量的な計測器具が上市されていない、歯科補綴学の分野でも利用できる可能性があるなどのことから、岩手医科大学歯学部田邊先生の協力のもとマウスピース型の咬合力センサの開発を開始した。歯科で問題にするのは咬合力の最大値であって経時変化はあまり用いられないとのことであったが、スポーツへの利用を考えると経時の変化も測定できた方がよい。歯科で経時変化を測定する器具もあるが使い捨てという問題があった。

歯科での咬合力の測定にはデンタルプレスケール、引き抜き試験フィルム、ひずみゲージなどが使用されている。診察室での利用が主であるため運動しながらの利用、経時の変化の測定はほとんど実現されていない。このほかスポーツ歯科の分野では咬筋の筋電位を測定し、間接的に咬合力を測定することも行われてきた。

## 2 研究の内容および成果

自転車トレーニングシステムは地磁気・加速度・ジャイロ9軸センサ、USBカメラ、中継器からなる車載モジュール群と、コーチが使用するモニタPCからなる(図1)。中継器とセンサの間はBluetoothによる通信、中継器とPCはWi-Fiに

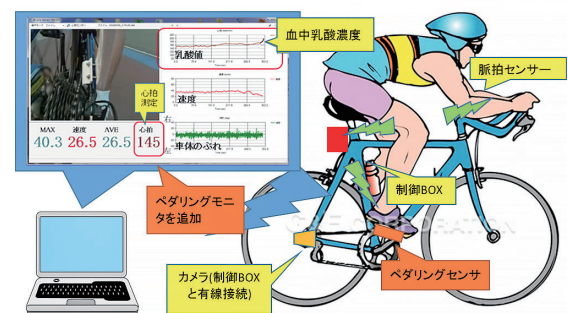


図1 自転車トレーニングシステム

よる通信である。Bluetooth接続のセンサを追加することができる設計であるため、咬合力センサもBluetoothにより測定データを出力する仕様とする。また、装着を容易にするためにマウスピース型とする。選手個人の歯形に合わせて制作したものを、長期間にわたって繰り返し使用できることを目標とした。

センサデバイスとしては価格、耐久性、精度といったことを考慮して抵抗膜式の圧力センサを用いることとした。Tekscan社製FlexiForce シリーズを採用した。FlexiForceシリーズはピエゾ抵抗式圧力センサで、使用したA201の圧力を測定するエリアは直径9.53mmの円形、4448Nまでの力の測定が保証されている。ただし、測定精度は周辺回路の構成により異なる。また、測定エリアの一部にでも4448Nを超

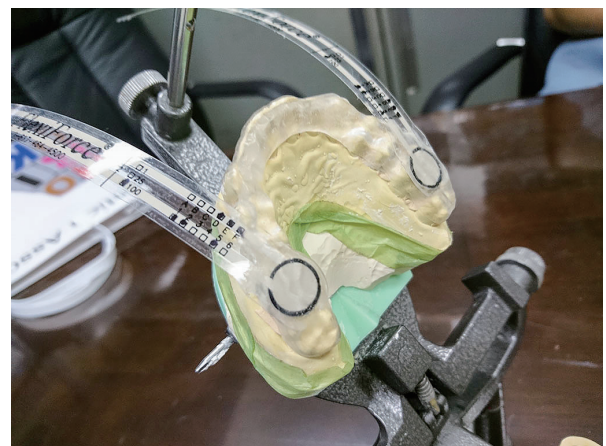


図2 FlexiForce A201を接着したマウスピース型咬合力センサ試作1号機



図3 スポーツ用マウスピースのフレームに張り付けた圧力センサとステンレス板(試作2号機)



図4 マウスピース型咬合センサ試作2号機

える力がかかった場合には測定結果は保証されていない。力の変化が抵抗値の変化として測定できるため、BlueNinja CDP-TZ01Cに接続して一定の電圧をかけ、電圧の変化として読み取る。読み取った測定値はBluetoothにより送信される。

図2にFlexiForce A201を装着したマウスピース型咬合力センサの試作1号機を示す。試作1号機は上あごの歯列模型に合わせて作成した、歯ぎしりなどの治療で用いられているごく一般的な歯科用のマウスピースに、FlexiForce A201を歯科用の重合レジンで固定したものである。マウスピース自体も熱可塑性レジンで制作されている。歯の咬合面の大きさに比べて、圧力センサの測定面が大きくすべての歯にセンサをつけることは困難なため、歯科においてかみ合わせを治療するときに最も重視され、最も強い力がかかるとされる左右の第1大臼歯にかかる力のみを測定することとした。

試作1号機を歯列模型に装着し、咬合器を使って上あごと下あごのかみ合わせを行い、かみ合わせ部分にかかる力を測定したところ、次のような問題点があった。(1)かかった力が左右で著しくアンバランス、(2)力をかけた後に力を抜いても測定値の上では一部残ってしまう、(3)同じ力をかけているはずであるが測定値が一定しない、の3つである。

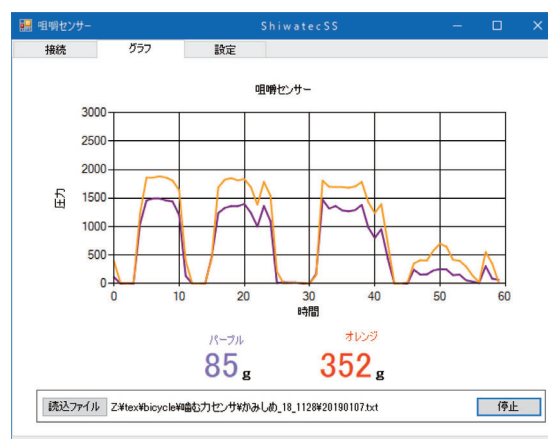


図5 マウスピース型咬合センサ試作2号機による咬合力測定の実験(縦軸未校正)

(1)の問題点は咬合器を使用したことにより左右で均等に力がかかっていない可能性があるが、(2)(3)は歯の表面の凹凸により部分的に使用した圧力センサが許容するよりも大きな力がかかった可能性が高い。このため、圧力センサの測定面にかかる力ができるだけ均等になるように、歯の凸凹を直接圧力センサに伝えないように、試作2号機の製作を行った。試作2号機は市販のスポーツ用マウスピースのフレーム部分に圧力センサを貼り付け(図3)、歯科で歯型の採取などに使用されるシリコーンをフレームに充填し、シリコーンが硬化する前に歯列に押し付けて歯型をとる方法で制作した(図4)。この際、圧力センサの測定面と同じ直径のステンレス版で圧力センサを挟み、歯表面の凸凹による圧力の不均等がセンサに伝わらないようにした。

試作2号機を用いて、3回強く噛んだあと、しゃべっている様子が図5である。試作1号機で問題であった(2)と(3)の問題をほぼ解消できたうえに、経時的な変化が明らかにできている。また、試作2号機を装着してベンチプレスや重量挙げを行ったところ、顎に力を入れないように努力しても重量によっては力が入ってしまうのが観測できるなど、スポーツ向けとして好感触を得た。

#### 4 今後の具体的な展開

試作2号機はスポーツ用のマウスピースのフレームを流用したため厚みがあり、装着時に口が完全に閉まらないという問題がある。運動中にあご周辺にかかった力を吸収するための厚みであるため、単純に厚みをそぐだけでは力が分散できない可能性がある。このほか、センサのケーブルが太いため、使用中によだれが垂れるといった問題があり、今後改良していく予定である。また、咬合力の測定精度の検証を行えていないため、今後精密な測定を実施する。

#### 5 謝辞

岩手医科大学歯学部田邊憲昌先生にはマウスピースの作成、歯科補綴学・インプラント学の見地からの助言など、多大なご協力をいただいた。次年度以降で共同研究として実施する予定である。